

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : B41J 3/04, H04R 17/00 H01L 41/08, F04B 43/04 | | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/ 07218 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Dezember 1987 (03.12.87) |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE87/00230</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 19. Mai 1987 (19.05.87)</p> <p>(31) Prioritätsaktenzeichen: P 36 18 106.4</p> <p>(32) Prioritätsdatum: 30. Mai 1986 (30.05.86)</p> <p>(33) Prioritätsland: DE</p> <p>(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIE-MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Postfach 22 02 61, D-8000 München 22 (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>) : HEINZL, Joachim [DE/DE]; Dreisesselbergstrasse 16, D-8000 München 90 (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.</p> | | <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> | |
| <p>(54) Title: PIEZOELECTRICALLY OPERATED FLUID PUMP</p> <p>(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCH BETRIEBENE FLUIDPUMPE</p> | | | |
| | | | |
| <p>(57) Abstract</p> <p>The fluid pump described for producing pressures comprises an electrically excitable membrane made of a first piezoelectrically excitable layer and a support layer firmly bound thereto. The membrane has a peripheral piezoelectrically excitable region and a central piezoelectrically excitable region, these regions being excited in such a manner that, in order to cause a projection in the membrane, the latter is shortened by transverse contraction in its peripheral region and is lengthened in its central region.</p> | | | |
| <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Die piezoelektrisch betriebene Fluidpumpe zur Erzeugung von Drücken enthält eine elektrisch ansteuerbare Membran aus einer ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschicht. Die Membran weist einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich auf, wobei die Bereiche derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihren zentralen Bereich verlängert wird.</p> | | | |

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AT | Österreich | FR | Frankreich | MR | Mauritanien |
| AU | Australien | GA | Gabun | MW | Malawi |
| BB | Barbados | GB | Vereinigtes Königreich | NL | Niederlande |
| BE | Belgien | HU | Ungarn | NO | Norwegen |
| BG | Bulgarien | IT | Italien | RO | Rumänien |
| BJ | Benin | JP | Japan | SD | Sudan |
| BR | Brasilien | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KR | Republik Korea | SN | Senegal |
| CG | Kongo | LI | Liechtenstein | SU | Soviet Union |
| CH | Schweiz | LK | Sri Lanka | TD | Tschad |
| CM | Kamerun | LU | Luxemburg | TG | Togo |
| DE | Deutschland, Bundesrepublik | MC | Monaco | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| DK | Dänemark | MG | Madagaskar | | |
| FI | Finnland | ML | Mali | | |

5 Piezoelektrisch betriebene Fluidpumpe

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Drücken und Volumenströmen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

10

Piezoelektrisch betriebene Antriebselemente zum Erzeugen von Drücken, insbesondere als Antriebselemente in Tintenschreibern sind allgemein bekannt. So wird in der DE-OS 21 64 614 eine Anordnung an Schreibwerken zum Schreiben mit farbiger Flüssigkeit auf Papier beschrieben, bei der über ein piezoelektrisch betriebenes Antriebselement eine in einer Tintenkammer befindliche Flüssigkeit aus einer Schreidüse ausgestoßen wird. Die Volumenveränderung in der Kammer wird durch eine elektrisch angesteuerte Piezokeramik bewirkt, die auf einer Metallplatte sitzt und die sich in die Kammer hineinwölbt. Das verwendete Piezoantriebselement besteht aus einer durchgehend polarisierten Piezokeramikschicht, die auf einer Metallplatte angeordnet ist, wobei die Metallplatte als Gegenelektrode dient.

25 Wenn ein geeigneter Spannungsimpuls angelegt wird, zieht sich die Piezokeramik zusammen. Da die Keramik auf einer Metallplatte befestigt ist, wirkt sich auf diese Platte ein Biegemoment aus. Das hat zur Folge, daß sich der Mittelteil der Platte in die Flüssigkeitskammer hineinwölbt.

30

Die Längenänderungen, die man direkt piezoelektrisch erzeugen kann, sind verschwindend klein. Sie sind außerdem begrenzt durch die elektrischen Feldstärken, die man an der Keramik anlegen darf, ohne daß dies zu Durch- oder Überschlägen führt. Weiters dürfen die angelegten Feld-

stärken nicht zu einer Umpolarisation führen, sie müssen außerdem über entsprechende Ansteuersetzungskreise schaltbar sein.

5 Es ist deshalb üblich eine Spannung von ca. 200 V nicht zu überschreiten. Die Feldstärke sollte dabei kleiner sein als ein Volt je Mikrometer in Gegenrichtung zur Polarisierung. Die Abstände zwischen Elektroden an Luft sollten außerdem nicht kleiner als $1 \mu\text{m}/\text{V}$ sein. Die direkten Längenänderungen, die auf diese Weise erzielbar sind, sind damit rund 1 % oder etwa $0,2 \mu\text{m}$ bei einer Schichtdicke von $200 \mu\text{m}$, vorausgesetzt, die Keramik ist durch und durch aktiv und nicht etwa durch eine Brennhaut teilweise inaktiv.

15 Derartige Brennhäute lassen sich bisher nur bei im Stapel gesinterten Keramikfolien vermeiden, wenn man den Rand der innen im Stapel liegenden Folien sowie die außenliegenden Folien entfernt. Bei diesem Verfahren läßt sich 20 die mechanische Bearbeitung der Keramik und damit die Gefahr von Mikrorissen auf ein Minimum und auf den Rand begrenzen. Die übrigen Oberflächen können ohne Nachbearbeitung so benutzt werden, wie sie aus dem Brennofen kommen.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden bzw. anzusteuern, daß sich ein möglichst großer Hub ergibt.

30 Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gemäß dem kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruches gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

35 Dadurch, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren

zentralen Bereich aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich verlängert wird, ergibt 5 sich ein besonders großer Hub. Dieser Hub ist das Ergebnis der Ausnutzung von zwei Wirkungen, nämlich der Ausnutzung der Querkontraktion in der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Durch die Querkontraktion läßt 10 sich der Hub der Membran durch Verringerung der Schichtdicken und Vergrößerung der Längenabmessungen steigern.

Eine besonders vorteilhafte Kraftwirkung ergibt sich, wenn man die Membranbereiche konzentrisch zueinander an- 15 ordnet, so daß sie sich bei der Anregung warzenartig auswölben. Diese warzenartige Auswölbung stellt die kleinste und kompakteste geometrische Form dar, die von einer ebenen Schicht ausgeht und einen Hohlraum erweitert und schließt. Sie ist rotationssymmetrisch um eine Flächen- 20 normale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht. An der Übergangslinie ändert sich der benötigte Krümmungszustand. Entsprechend sind die Elektroden so angeordnet bzw. die entsprechenden Membranbereiche so pola- 25 risiert und über die Elektroden angesteuert, daß sich der periphere Bereich (Kreisring) verkürzt, der zentrale Bereich dagegen verlängert.

Der Rand der Membran verändert bei Auslenkung seine Lage 30 nicht, wewegen er fest eingespannt werden kann. Die Biegelinie entspricht im wesentlichen einer Auslenkung unter Innendruck.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Er- 35 findung sind mehrere einzeln unabhängig voneinander akti- vierbare Membranen auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet, wobei die Ansteuerleitungen für die einzelnen

Membranen über unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen, damit bei der Ansteuerung über diese Ansteuerleitungen keine unerwünschten piezoelektrischen Effekte auftreten.

5

Um den Hub noch weiter zu vergrößern, kann anstelle der Stützschicht eine weitere piezoelektrische anregbare Schicht angeordnet sein, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zu der ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht 10 polarisiert ist. Damit ergibt sich nahezu eine Verdopplung des Hubes.

Mit dem erfindungsgemäßen Antriebselement lässt sich eine besonders wirksame und einfach ansteuerbare Pumpeinrichtung 15 erzeugen. Dazu sind drei miteinander über einen Pumpkanal verbundene Membranen angeordnet, die derart zusammenwirken, daß eine erste Membran als Einlaßventil dient, eine zweite Membran dem veränderlichen Hohlraum zugeordnet ist und eine dritte Membran als Auslaßventil 20 dient.

Eine derartig ausgebildete statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern und einem veränderlichen Hohlraum lässt sich z. B. von einem künstlichen Herzen verwenden oder als Schmierstoffhydraulikpumpe zur Erzeugung von 25 hohen Drücken. Die gesamte Vorrichtung lässt sich einfach ansteuern und trotz hoher erzielbarer Drücke klein ausbilden.

30 Weiters ist es möglich, die Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung in Lautsprechern oder als Drucksensor zu verwenden.

Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen 35 dargestellt und werden im folgenden beispielsweise näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Vergleichsdarstellung zwischen der Verformung einer Membranplatte unter Innendruck und einer Membranplatte mit aufgeprägter Wölbung,

5 Fig. 2 eine erfindungsgemäße Membran im ausgelenkten Zustand,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Membran im unerregten Zustand,

10

Fig. 4 eine statische Pumpe aus drei miteinander verbundenen Membranen in Draufsicht,

15

Fig. 5 eine statische Pumpe gemäß Fig. 4 im Querschnitt,

15

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Schichtaufbaues der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

20

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Schreibkopfes für eine Tintenschreibeinrichtung mit einer Vielzahl auf einem gemeinsamen Substrat angeordneten Membranen als Schreibdüsen.

25

Ein planarer Wandler aus Piezokeramik wie er in den Fig. 2 und 3 dargestellt ist, besteht aus einer piezoelektrisch anregbaren durchgehend in eine Richtung polarisierten Schicht 1 aus Piezokeramik und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschicht 2, z. B. aus Nickel. Diese so gebildete elektrisch ansteuerbare Membran wird über entsprechende Elektroden 3, 4 ansteuert, wobei die Stützschicht 2 als durchgehende Massenelektrode dient und die eigentlichen Ansteuerelektroden aus einer peripheren Ansteuerelektrode 3 und einer zentralen Ansteuerelektrode 4 bestehen. Diese eigentlichen Ansteuerelektroden 3 und 4 definieren konzentrisch zueinander angeordnete Membranen in Form von Kreisflächen bzw. Kreisringflächen. Durch entsprechende Ansteuerung

der Elektroden 3 und 4 wölbt sich die Membran in Arbeitsrichtung in der in Fig. 2 dargestellten Form, wenn die Kreisringelektrode 3 mit ihrem erzeugten elektrischen Feld zu einer Kontraktion der Piezokeramiksicht 1 im 5 Bereich der Ringelektrode 3 führt und im Bereich der Elektrode 4 es zu einer Dehnung der Piezokeramiksicht 1 kommt.

Dies wird im folgenden anhand der Fig. 1 näher erläutert.
10

Die kleinste und kompakteste geometrische Form, die von einer ebenen Schicht ausgeht, nur schwache Krümmungen benötigt und einen Hohlraum erweitert und schließt, ist eine Warze oder eine domartige Auswölbung. Eine derartige 15 Form ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht.

Eine derartige Idealform läßt sich nun dadurch erzeugen, 20 daß man eine ebene elastische Membran einem gleichmäßigen Innendruck aussetzt. Damit ergibt sich die auf der linken Seite der Fig. 1a dargestellte Form mit dem in der Fig. 1b dargestellten Neigungsverlauf und einem Krümmungsverlauf gemäß Fig. 1c, wobei die Abszisse dem Radius der 25 Membranfläche zugeordnet ist.

Um diese ideale Warzenform zu erreichen, sind nun erfundungsgemäß die Ansteuerelektroden 3 und 4 in Verbindung mit der piezoelektrisch anregbaren Schicht 1 und der 30 Stützschicht 2, die als Masseelektrode dient, so ausgebildet, daß sich näherungsweise diese Idealform bei der Auslenkung ergibt.

Zu diesem Zweck ist die kreisförmige Außenelektrode 3 im 35 äußeren Krümmungsbereich der Membran angeordnet und wird mit einem derartigen elektrischen Feld beaufschlagt, daß sich die piezoelektrische Schicht in diesem Krümmungsbe-

reich zusammenzieht. Die konzentrisch dazu angeordnete Innenelektrode 4 wiederum wird mit einem derartigen Feld beaufschlagt, daß sich der zentrale Bereich der Piezokeramikschicht 1 ausdehnt. Damit werden zwei Effekte 5 gleichzeitig ausgenutzt, nämlich die Querkontraktion der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Der Krümmungsradius, bis zu dem sich ebene Schichten derartig verwölben lassen, liegt etwa bei 0,1 m bis 0,4 m, je 10 nachdem wie dünn man die Schichten fertigen kann. Das Verhältnis der Elektrodenflächen zueinander ist nun so dimensioniert, daß sich näherungsweise der gewünschte Verlauf in Fig. 1a ergibt. Dies ergibt eine Neigung gemäß Fig. 1b mit zugehöriger Krümmung Fig. 1c (rechte Seite 15 Fig. 1).

Wie in den Fig. 2 bis 5 dargestellt, läßt sich mit einem derartigen planaren Wandler aus Piezokeramik eine statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern SE und SA 20 und einem veränderlichen Hohlraum H ausbilden. Zu diesem Zwecke sind auf einer durchgehenden Substratfläche 1 die drei Membranen SE, H, SA ausgebildet. In einer das Substrat A mit seiner zugehörigen Stützschicht 2 tragenden Trägerschicht T ist ein Pumpkanal P ausgebildet. Dieser 25 Pumpkanal P steht mit einem Fluidvorrat V (Fig. 4) in Verbindung. In dem Pumpkanal ist im Bereich des Einlaßventiles SE eine Querrippe Q ausgeformt, an die sich im unerregten Zustand die Membran aus Piezokeramik 1 und Stützschicht 2 anlegt und damit den Kanal verschließt. Im 30 angeregten Zustand der Membran entsprechend der Fig. 2 hebt sich die Membran warzenförmig ab und öffnet damit den Kanal P.

Derselbe Aufbau wie beim Einlaßventil SE mit der Querrippe Q ergibt sich beim Auslaßventil SA mit der dortigen Querrippe Q. In dem Pumpkanalabschnitt mit in der Mitte erweiterten Hohlraumbereich PH zwischen dem Einlaßventil

SE und dem Auslaßventil SA befindet sich die eigentliche als Pumpe dienende Membran H, die entsprechend den Membranen der Einlaßventile SE und SA aufgebaut ist. Eine derartig aufgebaute Pumpe wie in den Fig. 4 und 5 läßt

5 sich nun in vorteilhafter Weise z. B. über einen Dreiphasendrehstrom ansteuern und zwar dadurch, daß mit einer ersten Phase in einem Pumpschritt zunächst das Einlaßventil SE geöffnet wird, daß dann durch die Auslenkung der Membran H (2. Phase) Fluid aus dem Vorrat V angesaugt

10 wird und daß dann nach Schließen des Einlaßventiles SE und nach Öffnen des Auslaßventiles SA (3. Phase) durch Betätigung der eigentlichen Pumpmembran H Fluid aus dem Auslaßbereich A ausgestoßen wird.

15 Zum Schließen der Sperrschieber SE, SA ist es auch möglich, diese so anzusteuern, daß ihre Membranen unter Vorspannung den Kanal P verschließen. Damit wird ein besonders dichter Verschluß erreicht. Außerdem ist bei einer Ansteuerung in Arbeitsrichtung aus dieser Vorspannung

20 heraus ein besonders großer Arbeitshub möglich.

Je nach Verwendungszweck läßt sich der Pumpkanal auch in anderer Weise ausbilden. So ist es auch möglich, anstelle der Querrippe Q in dem Einlaß- und im Auslaßventil SE und

25 SA kragenförmige Öffnungen anzutragen, wobei der Kragen selbst den Kanal bildet. Die Membranfläche legt sich dann im unerregten Zustand in analoger Weise wie auf die Querrippe auf diesen Kragen auf und verschließt so den Auslaß.

30

Auf eine derartige statische Pumpe sind nun vielerlei Verwendungen möglich. So kann entsprechend der Fig. 7 damit ein Tintenschreibkopf aufgebaut werden, bei dem auf einer einzigen Substratfläche 1, z. B. neun Schreibdüsen

35 S1 bis S9 angeordnet sind. Jede dieser Schreibdüsen besteht aus einem Einlaßventil SE, einem veränderlichen Hohlräum H und einem Auslaßventil SA. Die Schreibdüsen S1

bis S9 stehen dabei mit dem Vorratsbereich V in Verbindung. Um einen Schreibkopf mit einer größeren Anzahl von Düsen bilden zu können, ist es auch möglich, mehrere Substratflächen mit darauf angeordneten Schreibdüsen über-
5 einander zu packen.

Bei einem derartigen Tintenschreibkopf sind die Schreibdüsen S1 bis S9 funktionell vollständig von der Tintenversorgung V getrennt. Damit kann ein mechanischer Ver-
10 schluß der Düsen zwischen Schreibkopf und dem eigentlichen vor dem Schreibkopf angeordneten Papier und der An-trieb dieses Verschlusses entfallen, da die eigentlichen Tintenkanäle durch die Auslaßventile SA geschlossen sind, solange diese Auslaßventile SA nicht angesteuert werden.
15 Ein Übersprechen zwischen den Düsen entfällt, da beim eigentlichen Spritzvorgang keine Fließverbindung besteht. Die Spritzvorgänge werden dabei nicht durch die Reflexion im eigentlichen Spritzkanal und nicht durch das Überspre-
20 chen von Nachbardüsen begrenzt, sondern nur durch die Eigenwerte der einzelnen Wandlerelemente. Durch statisches Pumpen lassen sich Luftblasen aus dem Tintenkanal P ent-
fernen und leere Kanäle lassen sich dabei elektrisch ge-
steuert füllen.
25 Die beschriebenen statischen Pumpen lassen sich auch zur Versorgung von Schmierstoffen in Lagern verwenden, da die erreichten Drücke sehr hoch sind. Weiters ist es möglich, derartige Pumpen im Bereich der Medizin zum Transport von Blut und anderen Gewebsflüssigkeiten zu verwenden.
30 Die Membran allein wiederum läßt sich in einer akusti-
schen Wandlereinrichtung z. B. als Hochtonlautsprecher verwenden. Weiterhin kann eine derartige Vorrichtung als Drucksensor dienen, wobei die durch den Druck auftretende
35 Auslenkung eine an den Elektroden 3 und 4 abgreifbare Spannung verursacht.

Wie in der Fig. 6 dargestellt, läßt sich ein sogenannter steuerbarer Sperrschieber, z. B. ein Einlaßventil SE, ein Auslaßventil SA oder der steuerbare Hohlraum H in einfacher Weise herstellen. Zu diesem Zwecke wird als Substrat 5 eine dünne Schicht aus Piezokeramik verwendet, auf der die erforderliche Struktur z. B. des Tintenschreibkopfes galvanoplastisch aufgebaut wird. Die Piezokeramikschicht 1 wird zu diesem Zwecke vor dem galvanoplastischen Aufbau polarisiert und geprüft. Danach werden auf der Piezokeramikschicht 1 auf ihrer einen Seite Ansteuerelektroden 3 10 und 4, z. B. aus Silber oder Gold fotolithographisch galvanisch strukturiert und auf ihrer anderen Seite die Stützschicht 2 galvanisch aufgebracht. Auf dieser als Masseelektrode dienenden Stützschicht wird dann im Bereich der Warzen Aluminium (ALU) aufgedampft, das später 15 zwischen den umgebenden Metallschichten herausgeätzt werden kann und so ermöglicht, daß sich die Warze vom Steg Q zwischen den Kanälen löst. Es folgt der galvanische Aufbau der Kanalstruktur in den Lücken eines Photoresist, 20 das Auffüllen der Kanäle mit einer gegen die Kanalwand wärtbaren Füllung und das Aufbringen der Trägerschicht T. Auf der Rückseite der Keramik kann auch außerhalb der Elektroden eine weitere Stützschicht SS aufgebracht werden, die ein Verwerfen des Verbundes bei Temperaturänderung 25 verhindert. Hier lassen sich auch Strukturen zum Verbinden und zum Kontaktieren der Elektroden unterbringen, da die Keramik nur im Bereich der Warzen polarisiert ist. Für die Dicke der einzelnen Schichten ergeben sich folgende ungefähre Werte: Piezokeramikschicht (1) 200 µm; 30 Elektroden (3, 4) 10 µm, Silber bzw. Gold; Stützschicht (2) 100 µm, Nickel; zusätzliche Stützschicht (SS) 100 µm, Nickel; Zwischenlage (ALU) Aluminium 0,2 µm; Stärke des Pumpkanals (Wände W) 50 µm, Nickel; und Trägerschicht (T) 100 µm, Nickel.

35

12 Patentansprüche

7 Figuren

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Drücken und Volumenströmen mit einer elektrisch ansteuerbaren Membran aus einer ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht (1) und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschicht (2), dadurch gekennzeichnet, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich (3) und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich (4) aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich (3) durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich (4) verlängert wird.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare, durchgehend in einer Richtung polarisierte Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine dem Peripheriebereich zugeordnete erste Ansteuerelektrode (3) und eine dem zentralen Bereich zugeordnete zweite Ansteuerelektrode (4) aufweist, wobei der Peripheriebereich und der Zentralbereich zum Ansteuern mit unterschiedlichen elektrischen Feldern beaufschlagt werden.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine gemeinsame Ansteuerelektrode aufweist, wobei die peripheren Bereiche und der Zentralbereich unterschiedlich polarisiert sind.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die

12

die aktivierbaren Bereiche der Membran (3, 4) konzentrisch zueinander angeordnet sind, so daß sie sich bei Anregung domartig auswölben.

5 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membranbereiche auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet sind.

10 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerleitungen für die einzelnen Membranbereiche über unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen.

15 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Stützschicht (2) eine weitere piezoelektrisch anregbare Schicht angeordnet ist, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zur ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht polarisiert ist.

25 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern (SE, SA) und einem veränderlichen Hohlraum (H) ausgebildet ist, wobei drei miteinander verbundene Membranen derart zusammenwirken, daß eine erste Membran als Einlaßventil (E) dient, eine zweite Membran dem veränderlichen Hohlraum (H) zugeordnet ist und eine dritte Membran als Auslaßventil (SA) dient.

35 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung dient.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

13

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als Drucksensor ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8,

5 dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Membranbereiche über die einzelnen Phasen einer Drehstromquelle angesteuert werden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
10 dadurch gekennzeichnet, daß die Membran derart angesteuert wird, daß sie sich entgegen ihrer Arbeitsrichtung auswölbt und so unter Vorspannung anliegt.

15

20

25

30

35

1/2

FIG 1

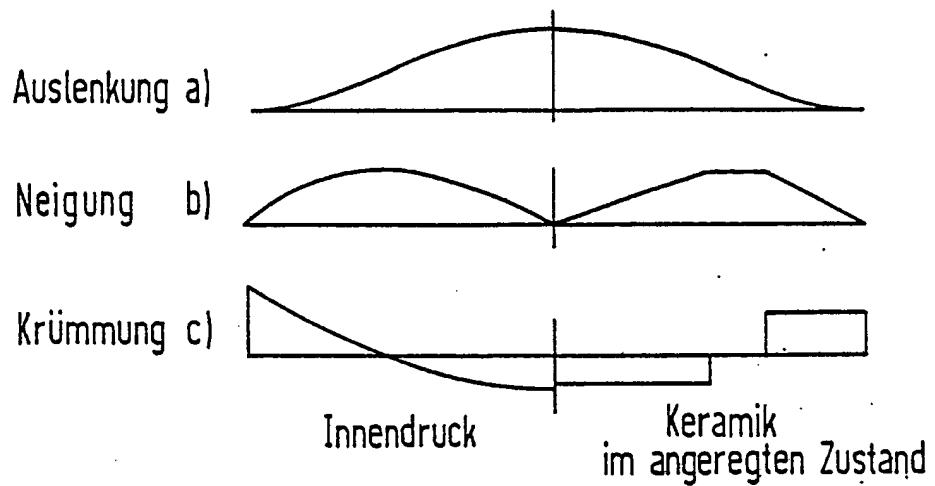


FIG 2

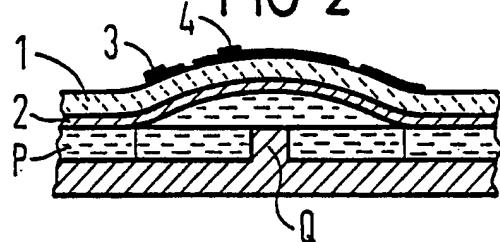


FIG 3

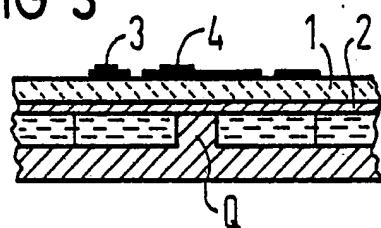


FIG 4

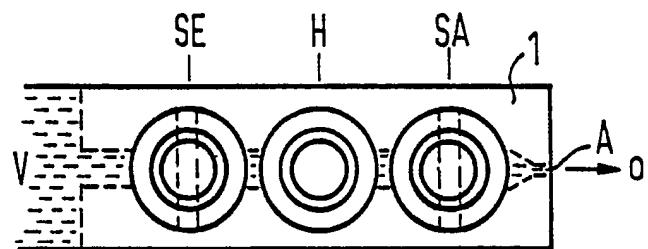
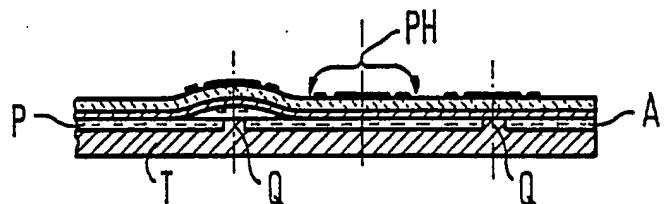


FIG 5



2/2

FIG 6

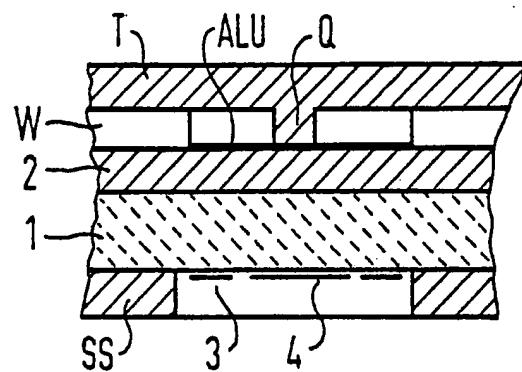
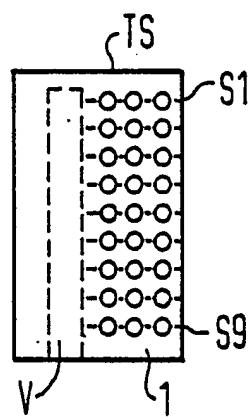


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 87/00230

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl. ⁴ B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ⁷

| Classification System | Classification Symbols |
|-----------------------|--------------------------------|
| Int.Cl. ⁴ | B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B |

Documentation Searched other than Minimum Documentation
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT⁹

| Category ¹⁰ | Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹² | Relevant to Claim No. ¹³ |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| A | DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 06 December 1984, see pages 3-5; figures 1-4 -- | 1 |
| A | DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24 September 1959, see the whole document -- | 1-4, 9, 10 |
| A | Patent Abstracts of Japan, volume 7, No 217 (M-245) (1362) 27 September 1983 & JP, A, 58112747 (M. ARAKI) 05 July 1983 -- | 5, 8 |
| A | DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19 March 1964 -- | |
| A | DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16 January 1969 -- | |
| A | US, A, 4539575 (K. NILSSON) 03 November 1985, see the whole document -- | 12 |
| A | EP, A, 0145066 (N. V. PHILIPS') 19 June 1985 -- | |
| A | EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 07 December 1983 ----- | |

* Special categories of cited documents: ¹⁰

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the International
filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or
which is cited to establish the publication date of another
citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or
other means

"P" document published prior to the International filing date but
later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date
or priority date and not in conflict with the application but
cited to understand the principle or theory underlying the
invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention
cannot be considered novel or cannot be considered to
involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention
cannot be considered to involve an inventive step when the
document is combined with one or more other such docu-
ments, such combination being obvious to a person skilled
in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

14 July 1987 (14.07.87)

Date of Mailing of this International Search Report

05 August 1987 (05.08.87)

International Searching Authority

European Patent Office

Signature of Authorized Officer

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/DE 87/00230 (SA 17178)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 21/07/87

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| DE-A- 3320443 | 06/12/84 | None | |
| DE-B- 1065880 | | None | |
| DE-B- 1165667 | | None | |
| DE-B- 1287135 | | None | |
| US-A- 4539575 | 03/09/85 | EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469 | 19/12/84 06/12/84 14/01/85 |
| EP-A- 0145066 | 19/06/85 | DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628 | 05/06/85 18/07/85 08/07/86 |
| EP-A- 0095911 | 07/12/83 | US-A- 4584590 | 22/04/86 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 87/00230

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|------------|
| I. KLASSEKIFICATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) ⁶ | | | | | | | | | | |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC | | | | | | | | | | |
| Int. Cl. 4 B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04 | | | | | | | | | | |
| II. RECHERCHIERTE SACHGEBiete | | | | | | | | | | |
| Recherchierte Mindestprüfstoff ⁷ | | | | | | | | | | |
| Klassifikationssystem Klassifikationsymbole | | | | | | | | | | |
| Int. Cl 4 | B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B | | | | | | | | | |
| Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸ | | | | | | | | | | |
| III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹ | | | | | | | | | | |
| Art* | Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹² | Betr. Anspruch Nr. ¹³ | | | | | | | | |
| A | DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 6. Dezember 1984, siehe Seiten 3-5; Figuren 1-4 -- | 1 | | | | | | | | |
| A | DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24. September 1959, siehe das ganze Dokument -- | 1-4, 9, 10 | | | | | | | | |
| A | Patent Abstracts of Japan, Band 7, Nr. 217 (M-245) (1362) 27. September 1983 & JP, A, 58112747 (M. ARAKI) 5. Juli 1983 -- | 5, 8 | | | | | | | | |
| A | DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19. März 1964 -- | | | | | | | | | |
| A | DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16. Januar 1969 -- | | | | | | | | | |
| A | US, A, 4539575 (K. NILSSON) 3. September 1985, siehe das ganze Dokument -- | 12 | | | | | | | | |
| | | . / . | | | | | | | | |
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | | | | | | | | | | |
| <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> | | | | | | | | | | |
| IV. BESCHEINIGUNG | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche</td> <td style="width: 50%;">Absendedatum des internationalen Recherchenberichts</td> </tr> <tr> <td>14. Juli 1987</td> <td>- 5 AUG 1987</td> </tr> <tr> <td>Internationale Recherchenbehörde</td> <td>Unterschrift des bevoilsmächtigten Bediensteten</td> </tr> <tr> <td>Europäisches Patentamt</td> <td>M. VAN MOL</td> </tr> </table> | | | Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts | 14. Juli 1987 | - 5 AUG 1987 | Internationale Recherchenbehörde | Unterschrift des bevoilsmächtigten Bediensteten | Europäisches Patentamt | M. VAN MOL |
| Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts | | | | | | | | | |
| 14. Juli 1987 | - 5 AUG 1987 | | | | | | | | | |
| Internationale Recherchenbehörde | Unterschrift des bevoilsmächtigten Bediensteten | | | | | | | | | |
| Europäisches Patentamt | M. VAN MOL | | | | | | | | | |

| III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2) | | |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Art * | Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | EP, A, 0145066 (N.V. PHILIPS') 19. Juni 1985 ----- | |
| A | EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 7. Dezember 1983 ----- | |

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/DE 87/00230 (SA 17178)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 21/07/87

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| DE-A- 3320443 | 06/12/84 | Keine | |
| DE-B- 1065880 | | Keine | |
| DE-B- 1165667 | | Keine | |
| DE-B- 1287135 | | Keine | |
| US-A- 4539575 | 03/09/85 | EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469 | 19/12/84 06/12/84 14/01/85 |
| EP-A- 0145066 | 19/06/85 | DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628 | 05/06/85 18/07/85 08/07/86 |
| EP-A- 0095911 | 07/12/83 | US-A- 4584590 | 22/04/86 |